

人間の信頼性に関する研究動向

岡山 忠*・石松 尚武**

The Study of Human Error
as a Limiting Factor of Product Reliability

Tadashi OKAYAMA, Hisatake ISHIMATSU

Recently, various reliability methods have been used for mechanical factors and systems to improve the reliability of products, but it is impossible to demand higher total product reliability when human error is a factor.

To investigate human error, human input as integrated in to a man-machine system must be considered.

This study describes the causes and analyzing methods of, and preventive measures for, human error.

1. ま え が き

近年、製品の信頼性向上を図るために機械要素やシステムに対して種々の信頼性手法が使用されているが、人間の信頼性が低くは製品全体としての高い信頼性は望めない。

いわゆる人間-機械システム（マン・マシンシステム）としての整合性を考えねばならず、これには人間の信頼性を検討する必要がある。

人間の信頼性の問題が重要視されはじめた背景には、次のような要因が考えられる。

- (1) 最近の急激な技術進歩と工業システムの複雑化による人間と機械とのギャップが拡大してきた。
- (2) 人間-機械システムの中において、機械側の信頼性は著しく向上し、人間の信頼性の低さが、総合的信頼性に影響を与えるようになってきた。
- (3) 巨大システム（発電プラント、化学プラント、ロケットなど）の出現により、人間の些細な過誤が重大な社会的、経済的インパクトを及ぼすようになった。

この人間の信頼性に関しては、国内外で種々検討されており、組織的な活動としては、我が国では1973年

の石油化学コンビナートの爆発事故を契機として発足した日本人間工学会の安全人間工学部会、また、アメリカでは1979年のスリーマイル島原子力発電所の事故によって加速を付けられたアメリカ原子力規則委員会などがある。

しかし、現状では、人間の信頼性については未だ十分な研究がなされておらず、人間の信頼性を定量的に取り扱うためのデータおよび人間が行なう一連の作業のモデル化などについては今後の課題とするところが多い。最近、自動化の進んだシステムにおいても、人間信頼性（ヒューマンエラー）に起因する事故が発生しており緊急な対応が迫られている。従って、人間信頼性の研究・対策が大きな課題となりつつある。

この研究では、信頼性向上という観点から、特に設計、運用におけるヒューマンエラーを防止することを狙いとし、信頼性工学面から人間の特性を研究し、ヒューマンエラーの原因と分析法、その防止対策などの概要並びに研究動向について述べる。

2. 人間と機械との関係

人間の信頼性に関する問題は、人間と機械との接点

*管理工学科教授

**管理工学科客員教授
1987年5月26日受付

である谷間(マン・マシンインターフェース)に生じるものであるという認識に立ち、製品に対して人間も含めたトータルシステムを考える必要がある。

図1は原子力発電所のモデルの例であり、系全体を人間系と機械系の二つの部分に分け、インターフェースを介して相互に作用し合うことを示している⁽¹⁾。

人間系、機械系の中心には、それぞれ固有の硬い芯がある。この芯は人間系では、教育などで得た能力ではなく生きものとしての本能的特性であり、機械系の芯はプラントの動特性、熱特性などによって表現されるプラント本体である。

人間と機械とは本来非常に異なった特性を持っているから、一つのシステムとして機能させるには、相互に相手の系を意識した対策が必要となる。このため人間系では、教育、訓練などで知識、技能などをつけた人間が配置され、機械系では種々の制御器、監視器が用意され(図1で示す外皮と呼ばれるもの)、人間系と機械系とのやわらかい接触を行ない、円滑で信頼性の高い総合システムとなるものである。

このような観点から、人間の信頼性を阻害する要因を大別すると図2のようになる。すなわち、人間側のものはヒューマンエラーと呼ばれ、主として人間の弱点が起因となるものであり、機械側のものはシステムエラーといわれ、主として機器類の人間工学設計に起因するものである。

ここで、ヒューマンエラーとは「システムの仕様や設計からあらかじめ定められた行動または常識的に考えて正常な行動に反する人間の行動によるエラー」であり、システムエラーとは「人員の配置不良、作業手順の不備、機器の情報・利用不足、操作しにくい機械器具の配置並びに構造といったときなどに生じるエラー」と定義する。

定義からではヒューマンエラーとシステムエラーは明確に区分出来るようであるが、実際問題としてエラーがどちらに属するものかを判定するのは困難な場合が多い。

3. 人間信頼性の阻害要因

システム信頼性向上の対応は、第1にエラーの発生確率を小さくすることであり、第2にエラーが発生し

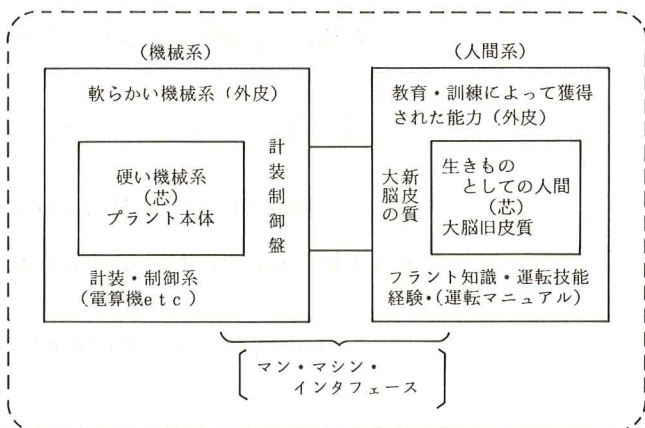


図1 人間-機械系としての原子力発電所のモデル化

ても、それが事故につながらないようにすることである。

第1の方策は、これから述べる機器類の人間工学設計と人間特性の能力向上策をとることであり、第2の方策はフェールセーフな設計、フルブルーな設備などを持つことである。

なお、フェールセーフ設計とは、万一、システムの一部に故障が生じて、他の部分に波及して全システムの故障にならないようにし、安全を保持するように配慮した設計法である。

また、フルブルーとは、絶対に操作ミスとならないような機構、あるいは不安全行為とならないような機構に対する設計方式であり、安全設計の基本の一つである。

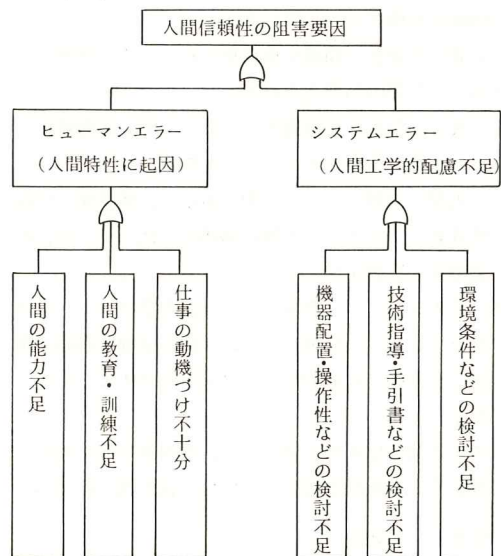


図2 人間信頼性の要因分類

3.1 ヒューマンエラー

ヒューマンエラーは、非常に多岐にわたっているため普遍的なものを見いだすことは非常に困難である。しかし、個々のエラーに共通するもの、また、一般的性質を見いだそうとして種々検討されている。

ここでは、人間の行動プロセスの中のどの場面でどんなエラーが生じる可能性があるかについて述べる。

図3は、人間の情報処理過程からエラー分析に便利のように表わしたモデルである。この図の中で①はinputとして視覚、聴覚など5感と関係が深く、②③⑥⑦⑧はprocessingであり、周辺から得た情報の中から記憶との照合などを行ない必要可否の判断を行なう過程であり、④⑤はoutputであり、人間の性格的な面が多く関係するといわれている⁽⁴⁾。

また、図4はラスムッセンなどが人間の信頼性低下の分析や対策に利用しているエラー発生過程のモデルである⁽⁵⁾。

図中の()内のローマ字は、各項目の細かい内容を示す別表符号であり、ヒューマンエラーに関係の深い(L)と(S)の細目を表1、表2に示す⁽⁵⁾。これによると、過誤時に従事していた作業(L)では製品の設計から運転、補修までの全過程が含まれている。また、人間過誤のメカニズム(S)では識別、情報の処理、記憶などが含まれ、前述と同様に人間の情報処理系から対処されている。

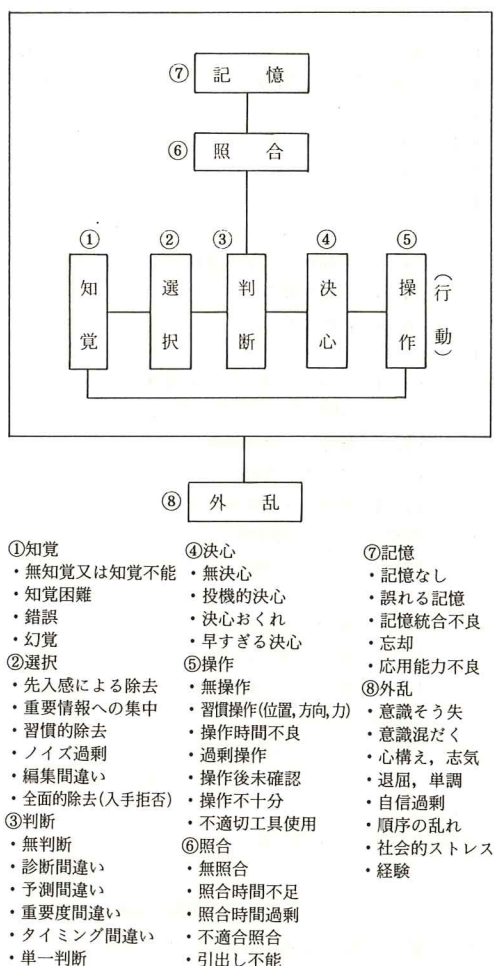


図3 人間の情報処理モデルと人間過誤の位置づけ

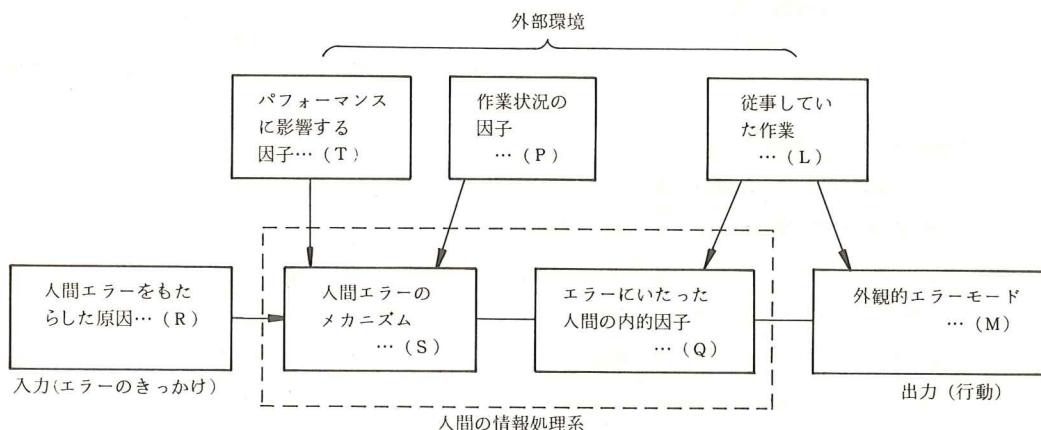


図4 人間エラーの発生過程

表1 過誤時に従事していた作業(L)

L 1	機器の設計, 設計変更
L 2	手順取決め, 手順調整
L 3	組立
L 4	装着, 据付
L 5	点検
L 6	運転
L6. 1	監視
L6. 2	手動操作, 実地訓練
L6. 3	内容物管理
L6. 4	監督業務
L 7	テスト
L7. 1	現場への接近(含入域許可受諾)
L7. 2	機器/工具の準備
L7. 3	テストの実行
L7. 4	修復, 工具取外しなど
L 8	修理, 取替え(含調整)
L8. 1	現場への接近(含入域許可受諾)
L8. 2	機器/工具の準備
L8. 3	補修作業の実行
L8. 4	修復, 工具取外しなど
L 9	物資輸送, 補給
L 10	管理・記録, 報告書作成など
L 11	マネジメント: リソース配分, 統括
L 12	上記以外の作業
L 13	記述なし, 分類不能

表2 人間過誤のメカニズム(S)

Item	Sub-item	Definition
S1 識別	S1.1 慣れによる一点集中	慣れに基づいて行動し, 注意すべき状況を認知しない。気づかなくてはいけない兆候が与えられていたら, S1.1ではなくて人的過誤の要因の問題である。また, 単に見過されたのなら, 内的要因の問題でやはり S1.1ではない。
	S1.2 慣れていることへの短縮	注意して見極めるべき状況を慣れている兆候, 合図と結びつけ, 誤った意図や作業に走ってしまうこと。知識に基づく評価, 企てを要する状況ではない。
	S1.3 慣れによるやり損ない	作業・行為の意図することは正しいが, 実行する際にうっかりして, 異なる内容をもつ慣れた行為を行ってしまう。
	S1.4 慣れているパターンの見落とし	兆候は見慣れたパターンを呈しているが, より高度な知識に基づく評価・企てを必要あるいは不適当に行なう。
S2 入力情報の処理	S2.1 情報を探索・受理しない	知覚能力・注意力が不十分で, 合図・兆候が伝わらない。
	S2.2 情報の誤った解釈	文章や計器の読み違いや口答指示の誤解など情報を間違えて受取り, 応答する。
	S2.3 仮定による情報のすり替え	情報は利用可能だが, 記憶や推量などで補ってしまい, 入力情報に不適当な基づき方をして応答する。
S3 記憶	S3.1 孤立している行為や機能を忘却	機能上の脈絡がないとか, 心的・肉体的な動きのシーケンスに直接の作用を及ぼさない行為・機能を忘れてしまう。
	S3.2 選択上の誤り	考えるカテゴリーは正しいが, いくつかある候補のうち悪い方を選んでしまう。単純な選択ミス, 例えば, 上げ/下げ, 右/左, 開/閉などの間違い。
	S3.3. 他の記憶ちがひ	データの値, 名称, 項目, 必要な行為などを誤って記憶。

以上はヒューマンエラーを人間の情報処理と行動の時間的経過から位置づけしたものであるが, 現実の問題として, 人間には寝ぼけた状態もあれば冴えた状態もある。

これは人間の意識レベルに関係することで, 表3に示すように5段階に分けられる⁽²⁾。

表3 大脳意識レベルの段階分け

フェーズ	意識の状態	注意の作用	生理的状态	誤操作比較
0	無意識・失神	ゼロ	睡眠・脳発作	—
1	意識ボケ	不注意	疲労, 単調, 眠気, 酒酔	$\frac{1}{10}$ 以上
2	正常—リラックス	心の内方へ	安静起居, 休息, 定常作業時	$\frac{1}{100} \sim \frac{1}{100,000}$
3	正常—クリア	前向き	積極的活動時	$\frac{1}{1,000,000}$ 以下
4	過緊張	1点に固執	感情興奮時, パニック状態	$\frac{1}{10}$ 以上

勤務時間中の大部分は頭脳がリラックスしたフェーズ2の状態にあり、頭脳のクリアなフェーズ3の状態は、1回の継続時間が15～30分間、合計でも2～3時間程度といわれている。従って、平常の仕事はフェーズ2で間違いなくできるようにしておき、また、重要緊急な仕事はフェーズ3で実施することがよいとされている。

情報処理過程からみたヒューマンエラーの発生形態は、①作業情報は正しく与えられたか、②認知・確認のミス、③記憶・判断のミス、④操作・動作のミスに分類できる。これは単に、どんな形のミスを区別したものにならず、その直接の原因となった行動や動機をつかみ出すことが最終的に必要となる。そのために、ミスをやったときその作業者が、どんな意識レベルにあったかを推定し、そのレベルの違いから作業者の行動ないし動機を想定する研究がなされている。一方、作業ミスは単にこうした内面的な生理心理的要因だけでは事故に繋がらない場合もあり、これを事故に結びつける要因がエラー行動の周辺に多数存在するので、作業者を巻き込む環境の中からこれらの要因をつきとめ、エラーとの関連を絶つようにしないと有効な対策は立てられない。この背後要因は多岐にわたるので、これを4M(Man, Machine, Media, Management)に別けて整理することが推奨されている。

3.2 システムエラー

システムエラーは機器システム開発・設計などに参画するスタッフに起因するもので、人間工学的設計が課題となる。人間工学的設計の目的は、人間と機械の長所をいかし、互いの欠点をカバーするシステム設計である。この設計では、機械を人間に適合させることを第一目標とし、訓練により人間を機械に適合させることを第二目標としている。

このため人間-機械システムの設計において、人間の信頼性低下を防止するためには基本的に次の検討が必要である。

(1) 仕事と機能配分

どんな仕事を人間に、どんな仕事を機械にやらせたらよいかを人間と機械の機能限界を考慮して検討する。機能配分の一般原則の例を、表4に示す⁽²⁾。

(2) 人間と機械の組合せ

システムとしての信頼性を向上させるために、人間と機械との組合せで、どのような組合せ方式がよいかを検討する。その例を、図5、図6に示す⁽¹⁾。

表4 機能配分の一般原則の例

機械に与えた方が有利な機能	人間に与えた方が有利な機能
1. 決まりきった仕事の反復、計算、大量の情報資料の蓄積 2. 大きな物理的力を迅速に与えようとするとき 3. 大量のデータの整理 4. ある同じ法則のもとに下すことのできる判断を何回となく反復するとき 5. 環境上の制約が人間を危険に陥れ、あるいは誤りを犯しやすくしている状況下の場合 6. 調整、操作のスピードが決定的に重要な場合 7. コントロールに加えられる力が厳密さを要するとき 8. 力を長時間にわたって加えなくてはならないとき	1. 扶雑物に妨げられた情報の判断 2. パターンの判断 3. 種々の入力に間に判別が要求されるとき 4. 極めて発生頻度の低い事態に対処して判断が望まれるとき 5. 帰納的推理力の要求される問題の解決 6. 不測の事態の発生が予測され、それを探知し、状況の報告が望まれるとき

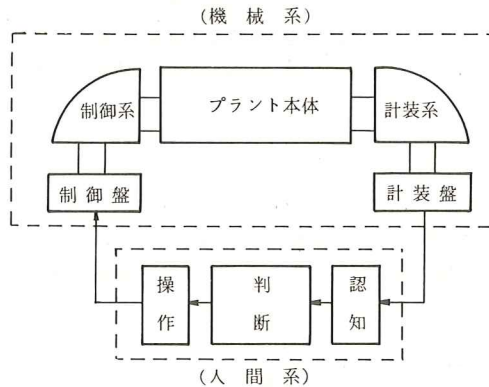


図5 人間-機械系におけるフィードバック要素としての人間の役割

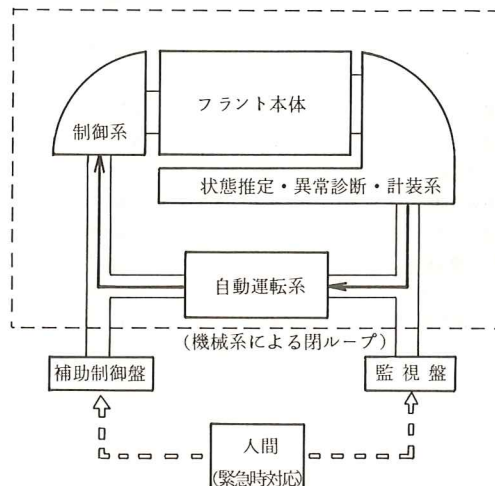


図6 制御ループから人間を排除した人間-機械系

(3) 機器の設計

システムの中で人間が使用する道具、計器類にはどんなものがよいかを、人間工学知識、データに基づき、人間にとって作業しやすく、人間の要求を満たすように検討する。ISO/TC 159 では作業システム設計時の各種基準値が設定されている。表5はその項目の一例を示したものである。

表5 作業システム設計時の考慮すべき項目

区 分	考慮すべき項目
1. 作業場と作業設備の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・人体寸法と制約条件 ・姿勢、筋力、動作の調和条件 ・情報の入力と伝達の適合など
2. 作業環境の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・広さ、換気条件の検討 ・温度、気候条件の検討 ・照明、色彩の検討 ・騒音、振動の検討など
3. 作業工程の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・過大負荷による疲労の検討 ・過小負荷による注意力低下の検討など

(4) システムの評価

システムが安全か否かを分析し、社会的概念、経済的観点から比較検討して評価する。表6、表7に各種作業の危険率を、図7にリスク曲線の例を示す⁽³⁾。

表6 各種作業の危険率
(イギリスにおける職場の例)

業 種 別	FAFR Fatal Accident Frequency Rate 10 ⁶ 時間あたりの死亡率	年間死亡確率	
		1日8時間 1か月20日	1年1920時間としての確率
化学工業	3.5	6.75×10^{-5}	
イギリスの全産業の平均	4	7.68×10^{-5}	
鉄 鋼 業	8	1.54×10^{-4}	
漁 業	35	6.72×10^{-4}	
石炭採掘	40	7.68×10^{-4}	
鉄道の運転手	45	8.64×10^{-4}	
建 設 業	67	1.28×10^{-3}	
航空機乗組員	250	4.8×10^{-3}	
プロボクサー	7000	1.34×10^{-1}	
狩猟競技員	50000	9.6×10^{-1}	

表7 各種作業の危険率
(自発的と非自発的リスクの例)

A 自発的行為	リスク (死亡率/人/年)
喫 煙	500×10^{-5}
飲 酒	7.5×10^{-5}
フットボール	4×10^{-5}
カー・レース	120×10^{-5}
ロック・クライミング	4×10^{-5}
ドライブ(車)	17×10^{-5}
オートバイ	2000×10^{-5}
B 非自発的行為	
車	500×10^{-7}
洪水	22×10^{-7}
地震(カリフォルニア)	17×10^{-7}
たつまき(米)	22×10^{-7}
台風(米)	8×10^{-7}
かみなり	1×10^{-7}
航空機の墜落	1×10^{-7}
高圧釜の爆発	0.5×10^{-7}
原子力発電所	1×10^{-7}
堤防の決壊	1×10^{-7}
ガソリンの輸送	0.5×10^{-7}
白血病	800×10^{-7}
インフルエンザ	2000×10^{-7}
隕 石	6×10^{-11}

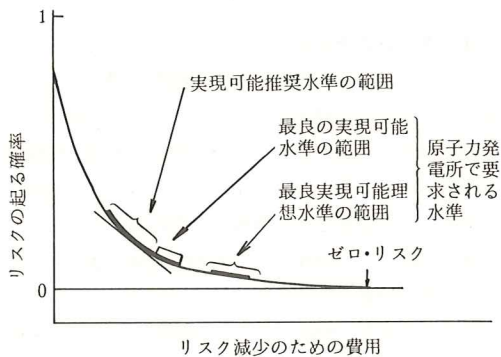


図7 リスク費用曲線

4. 人間の信頼性分析手法

人間の行動に伴う各種のエラーを論理的に分析、解析するためには、適切なモデル化が必要である。現在知られている代表的手法の概要を以下に示す。

4.1 FTA手法(Fault Tree Analysis)

問題とする事故などをトップ事象(トピックイベント)として、その原因となる各部分の故障を順々に樹木のような形に結びつけた線図を作成し(イベント展開)、故障を引き起す原因を求め対策につなげるもので、人間のエラー率が与えられると定量評価も可能である。一例を図8に示す⁽²⁾。

4.2 THERP手法(Technique for Human Error Rate Prediction)

この方法は人間のエラーおよび成功を排反事象となるように整理しておき、枝分かれ図によって解析するものであり、人間と機械とのシーケンシャルな機能交絡している部分の分析を狙ったもので、人間のエラー率が与えられると、定量的にシステムの機能低下を評価することができる。一例を図9に示す⁽²⁾。

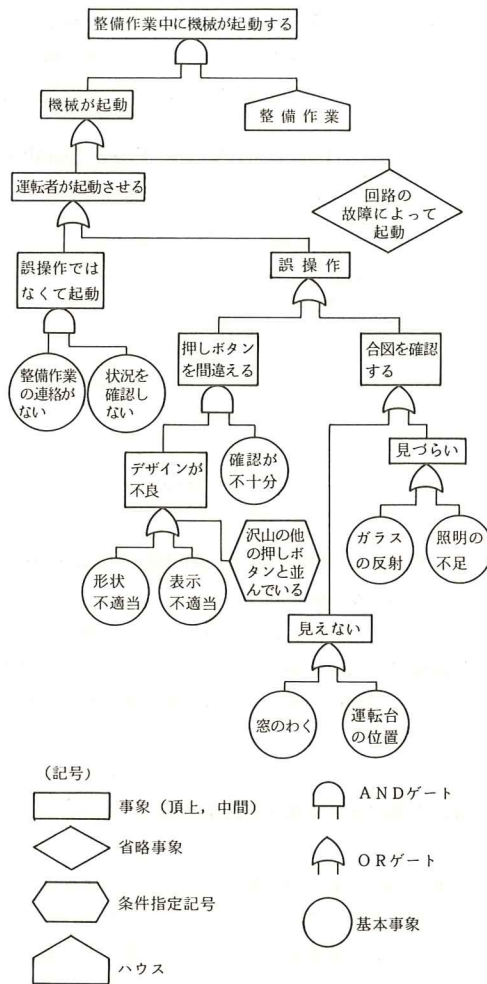
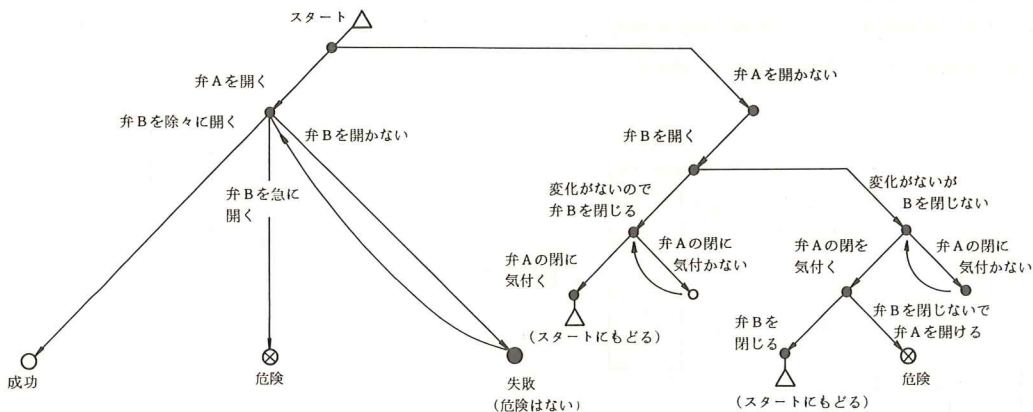


図8 人間の信頼性低下の Fault Tree



「配管を通じて何かを流す場合で、まず電磁弁Aを開き、続いて手動弁Bを除々に開く作業を行うとする。」
 「弁Bは急に開けると危険であり、逆に流れない状態を続ける限り危険はないものとする。」

図9 THERPによる枝分かれ図

4.3 EMEA手法(Error Mode & Effect Analysis)

この手法は人間の作業を分析して、その中に潜在的なヒューマンエラーを見つけ出すもので、その相対的

な重要度評価ができる。すなわち、作業手順、工具等の改善点および教育訓練の重要点の抽出ができる。分析例を図10に示す。

Error Mode and Effect Analysis for Maintenance of Concrete Pump

(作業ステップ) ケーシング取付け					参照図面		(/)										
作 業 名	作 業 内 容 (作 業 要 素)	作業時間	作業人員	環境	使用工具 および材料	H. E. 内容		H. E. 原因	機能への影響		作業安全への影響		H. E. 検出方法		検出後の処置		備 考
						内 容	可能性		影 響 因 子	重要度	影 響	可能性	方 法	能力	処 置	時間	
ケーシング 締付ボルト 締付け	ケーシング締付ボルト用 ナットを取付けて締付け る。ネジ部にはカジリ防 止剤を塗布する。	1.5	C×1 E×3		トルクレンチ ブラシ カジリ防止剤	締付トルクの過 大・過小	5	作業員の勘違い	ボルトが伸びる (過大)	—	—	—	—	—	—	—	
									締付力低下 (過小) →リーク	10		試 運 転	10	増 締 め	0.25		
						カジリ防止剤の塗 布忘れ	1		付随的な作業	カジリ付き→締付力 低下→リーク	1		当該作業中 (締付前に わかる)	10	カジリ防止剤 の塗布	0.5	

(注) H. E. = Human Error

図10 コンクリートポンプ保守作業のEMEA分析

4.4 De-BDA 手法(Detail Block Diagram System Analysis)

この手法はプラントなどの運転作業、点検作業の信頼性評価に人間の問題も組み入れて扱うもので、複雑なシステムの解析に適している。基本構造例を図11に示す⁽²⁾。

5. 人間の信頼性低下の防止対策

人間の信頼性低下を誘発しないためには、システムエラーとしての人間工学的なもの、ヒューマンエラーとしての人間本能特性的なもの両方から検討し対策を行なう必要がある。これに対する主な実施目標は次のとおりである。

(1) 人間工学的配慮によって不適合状況を除去する。

a) 計器類の形式、配置、識別性の適正化

b) 作業基準書、手引書などの整備

c) 機器の配置と操作性の適正化

d) 周辺環境の整備

(2) 人間の意識レベルの高い状態を自然に保持する。

a) モラール、モチベーションの高揚

b) 過労の防止とリズムの尊重

c) 緊急事態に対応する教育と訓練

d) 人間の複数作業時の助け合いと相互依存の対策

なお、表8に一般的不安全行動と呼ばれるものを情報処理の立場から分析したものを示す⁽⁷⁾。また、システム機能の信頼性を定量的に扱うには、人間のエラー率が必要となる。人間のエラー率は次のような形で表されるが、実際問題として分子も分母もよいデータが得られないのが実情である。

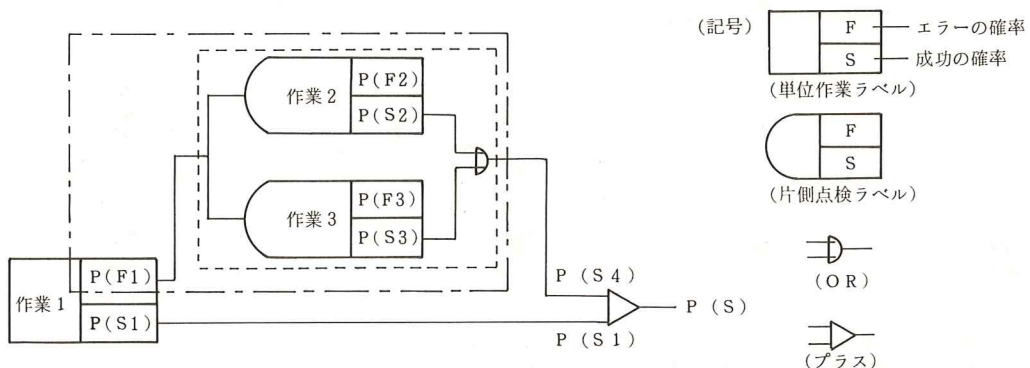


図11 “1の作業”に失敗しても“2又は3のいずれかの作業”に成功した場合

人間のエラー率

$$= \frac{\text{ある対象作業でエラーが生じた数}}{\text{ある対象作業でエラーが生じ得る機会の数}}$$

人間のエラー率に関する研究は、各方面で検討されているが、人間の信頼性低下はその状況によっても変

化するので、エラー率はレイテングによって数値を与えているのが実情であり、今後のデータ収集が望まれる。

表9は、米国原発関係の NUREG/CR-1278 の一般作業の人間エラー率を示す⁽⁶⁾。

表8 不安全行動の分析

不安全行動の種類	人間の情報処理過程からみた問題点	管理・監督上の対策
(A) 知らない	①記憶にない新しい事項 ②当然覚えておくべきであったのに教えていない ③その時思い出せなかった(後で悔む)	①危険予知訓練, 異常時想定訓練など ②教育の再検討 ③OJT 等による補習訓練の充実 ④訓練の再検討
(B) 知っていたができない	④応答—出力—操作を中心とする制御能力の不足	
(C) できるのにやらない	⑤やれるのに故意にやらない(反抗的)	⑤カンセリングなど ⑥作業方法の再検討, 職場雰囲気の改善, 監督強化, 率先垂範
(D) 危険に気がつかない	⑦産業人としての常識に反する行為 ⑧気がつく能力(知覚能力)がない ⑨危険といってもその前兆であり, やがてやってくる危険まで見通す能力がない	⑦しつけ教育 ⑧OJT の強化による知覚能力の向上 ⑨危険予知訓練, 創造能力訓練
(E) 操作具の取り違い	⑩うっかり見(聞き)落した(汨過作用) ⑪他の情報処理に気をとられて	⑩視力・聴力検査および反省会, OJT など ⑪表示と配置の再検討, 位置や形で覚えさせ見ないで操作出来るよう訓練
(F) 操作の方向を間違える	⑫仕事始めて意識のレベルが低くて ⑬高所・地下などの作業で方向性を失って ⑭社会的慣習に反した操作方向である。 ⑮習慣化されるまで訓練を受けていない ⑯先入観による思い違い ⑰途中で脈絡に邪魔が入って	⑫仕事始めのTBMなどにより意識を高める。特に休み明け時 ⑬高所, 地下作業上での表示の改善 ⑭操作具設計の再検討 ⑮再訓練 ⑯指示の徹底, 悩みごとの相談 ⑰邪魔の入る機会をできるだけ減らす。そういう時は勘違いしやすいことを十分教えておく
(H) 忘れる	⑱短期記憶能力の不足 ⑲途中で脈絡に邪魔が入って ⑲超低速機械に巻き込まれる	⑱OJT による短期記憶能力の訓練 ⑲上と同じ
(I) 危険は知っていたが大丈夫と思って	⑲うぬぼれ, 軽視から大丈夫だと思って ⑲前やうまくいったから, みんながやっているから	⑲「手を出すなら一動作だけ」を徹底する ⑲個人指導, カンセリングなど
(J) 調整タイミングの誤り	⑲連続操作における作業の困難性 ⑲緊張の連続の直後の弛緩	⑲平常から見過ぎない。職場雰囲気の改善 ⑲作業改善, 特に表示器, 操作具, 作業方法の改善 ⑲そういう場面で特に注意を与える。できれば小休止する
(K) 動作が粗暴	⑲運転技能不足 ⑲粗暴な性格, 英雄気どり ⑲そういうことをし易い職場の雰囲気 ⑲緊張の連続の直後の弛緩	⑲再訓練, 配置転換 ⑲個人指導, カンセリング ⑲職場雰囲気の改善 ⑲上と同じ
(L) やってはならないことをやる	⑲やってはいけないこととは知っていたが, 責任感, 業務の重要性からつい手を出した ⑲産業人としての常識に反する行為	⑲作業方法, 設備の安全化の再検討 ⑲上と同じ
(M) 危険な状態を生み出すきっかけを作る	⑲やがてやってくる危険まで見通す能力がない ⑲その行為が慣習になっている	⑲上と同じ
(N) 常識では考えられない行為	⑲社会常識に反する行為 ⑲士気沮喪, パニック	⑲平常からの指導 ⑲カンセリング, 配置転換 ⑲沈着・冷静な行為, 成功の経験からくる自信

表9 各種作業の人間のエラー率

作 業		人間のエラー率
1.	巡回検査。チェックリストを正しく使用して、異常状態を発見し損なう。	0.01 (0.003 -0.03)
2.	巡回検査。チェックリストを正しく使用しないで、異常状態を発見し損なう。	0.1 (0.05 -0.5)
3.	巡回検査。チェックリストなしで、異常状態を発見し損なう。最初の巡回。	0.9 (0.5 -0.99)
4.	チェックリストを誤って使用する。	0.05 (0.1 -0.8)
5.	確立された思想または、手順を踏まない。	0.01 (0.003 -0.03)
6.	受動的検査。	0.1 (0.02 -0.2)
7.	アナンシエータに気づかない。	0.0001(0.00005-0.001)
8.	発警しているランプを読む。	0.001 (0.0003 -0.003)
9.	デジタル表示を読む。	0.001 (0.0003 -0.003)
10.	アナログメータを読む。	0.003 (0.001 -0.01)
11.	アナログチャート記録計を読む。	0.06 (0.002 -0.02)
12.	グラフを読む。	0.01 (0.003 -0.03)
13.	プリント記録計を読む。(順不同)	0.05 (0.01 -0.2)
14.	3つ以上の数字を記録する。	0.04 (0.001 -0.01)
15.	算術ミス。	0.03 (0.01 -0.1)
16.	最初の読み取りの時に、リミットマーク付のアナログ値が、リミットを越えていることを見逃がす。	0.001 (0.0003 -0.003)
17.	リミットマーク付の指示されたメータを、チェックのために読む。	0.001 (0.0003 -0.003)
18.	上記と同様、リミットマークなし。	0.001 (0.0003 -0.003)
19.	同じようなランプの中から、異常を表示したランプのチェックをする。	0.003 (0.001 -0.01)
20.	ランプ群の中から、表示ランプの異常表示に気づき損なう。	0.99 (0.97 -0.997)
21.	表示灯群の中から、表示灯の異常表示に気づき損なう。	0.98 (0.94 -0.994)
22.	口頭で与えられた指示を忘れる。	0.001 (0.0003 -0.03)
23.	誤った操作器を選択する。	
	① 似かよった操作器群のなかから	0.003 (0.001 -0.01)
	② 機能別に分類されているもののなかから	0.001 (0.0003 -0.03)
	③ グラフィックパネル上から	0.0005(0.00005-0.005)
24.	マルチポジション・スイッチをセットする。	0.001 (0.0001 -0.1)
25.	コネクタを接続する。	0.01 (0.001 -0.05)
26.	操作器を誤った方向に回転させる。	
	① 常識的回転方向に回転	0.0005(0.00005-0.005)
	② 常識的回転方向と逆に回転	0.01 (0.005 -0.1)
27.	同種のマニュアル・バルブの中から選択する。	0.005 (0.002 -0.02)
	操作忘れ*1	
28.	合格欄(チェックオフ)使用のショートリスト*2の各アイテム。	0.001 (0.0001 -0.005)
29.	合格欄使用のロングリストの各アイテム。	0.003 (0.003 -0.01)
30.	合格欄なしのショートリストの各アイテム。	0.003 (0.008 -0.01)
31.	合格欄なしのロングリストの各アイテム。	0.01 (0.003 -0.03)

備考：*1 操作忘れとは、あらゆる手順書の各段階、バルブ操作、スイッチON-OFF作業、バルブのロック etc を指す。

*2 ショートリスト：アイテム10個以下

ロングリスト：アイテム11個以上

6. あとがき

人間の信頼性に対して、機械側のシステムエラーについて主として人間工学的な面から、また、人間側のヒューマンエラーについて主として人間性的な面から述べた。

従来、何か問題が生じれば、人間面からの対策はその保証が明確にできにくいこともあり、常に霧の中の状態となり、具体的対策は殆ど工学的な装置、設備面でカバーされてきた。しかし、技術の粋を尽した原子力発電プラントにおいても、米国スリーマイル島原子力発電所のように人間の信頼性に起因する事故が発生しており、人間に対するエラーの問題は困難だからといってさけることはできなくなってきた。

今後、製品はより精密化、自動化の方向に進むであろうが、これらの点検、保守、異常診断などは人間が立ち入らねばならず、マン・マシンシステムの総合的信頼性の向上には、人間の信頼性の問題を真正面から取り組む必要がある。併せて、人工知能の活用についても研究が進むであろう。

参考文献

- (1) 武田充司：人間—機械系としてみた原子力発電とヒューマンエラー，人間工学 Vol. 17, No. 4(1981)
- (2) 林 喜男：人間信頼性工学，海文堂（1984）
- (3) 林 喜男：システム安全，安全工学 Vol. 18, No. 6(1976)
- (4) 飯山雄次：人間の特性からみたヒューマンエラー，品質管理 Vol. 30, No. 2(1972)
- (5) Rasmussen, J. et al. : Classification System for Reporting Events Involving Human Malfunction. Riso-M2240(1981) (訳 高压ガス保安協会No83 1982)
- (6) 井上威恭：誤操作を考える，安全工学 Vol. 19, No 6 (1979)
- (7) 高橋恒彦：人間の情報処理過程からみた誤判断・誤操作，安全工学 Vol. 18, No 6 (1979)
- (8) Swain, A. D. et al. : NUREG/CR-1278(1983)
- (9) 日本人間工学会：日本人間工学会標準分科会報告 (1981)

〔脚注〕 本論文は、著者（岡山 忠）が三菱重工業㈱ 下関造船所在動中に作成したものである。